

СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ПЕРЕХОДНОГО КЛАССА Ti-10-2-3 ПРИ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Нарыгина И.В., Водолазский Ф.В., Декун Е.И., Буслаева Ю.Е.

Руководители – доц., к.т.н. Илларионов А.Г., доц., к.т.н. Демаков С.Л.

Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого

Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург

narigina_iv@mail.ru; vodolazski@bk.ru

Титановый сплав Ti-10-2-3 (Ti-10V-2Fe-3Al) преимущественно используется для изготовления крупногабаритных сложной формы поковок для авиационной техники. Столь ответственные области применения требуют четкого соблюдения заданного комплекса механических свойств, а, следовательно, и жесткой регламентации конечной структуры сплава. Поэтому представляется важным глубоко понимать влияние термической обработки на процессы структурообразования.

В настоящей работе изучены особенности процессов формирования зеренной структуры сплава Ti-10-2-3 при горячей деформации осадкой в β -области при температурах $T_{\text{пп}}+20^{\circ}\text{C}$ и $T_{\text{пп}}+70^{\circ}\text{C}$ со степенью 60% и кинетика протекания рекристаллизации β -зерна в ходе последующего отжига при температурах горячей деформации в течение 0, 2, 4, 8, 16 и 32 минут.

Предложена методика оценки степени деформации по сечению (рис. 1в) полуфабриката в сплаве при осадке по изменению зеренной структуры, выявляемой при микроанализе.

Показано, что распределение степени деформации по сечению исходного полуфабриката при осадке неоднородно и характеризуется формированием так называемого «ковочного креста», в отдельных областях которого степень деформации превышает 70-75% (рис. 1а). Вне «ковочного креста» степень деформации по сечению образца составила менее 50%. При этом отмечается вблизи контактных поверхностей образца с плитами инструмента образование зоны затрудненной деформации, распространяющейся на некоторую глубину ($\sim 1/4$ от высоты образца) и приближающейся по форме к конусу, практически не испытавшей деформации. По расчетным данным предложенной методики построена схема изменения степени деформации в полуфабрикате по его сечению (рис. 1).

Установлено, что более высокая температура нагрева ($T_{\text{пп}}+70^{\circ}\text{C}$) приводит более равномерному распределению деформации по сечению образца и меньшей локализации ее в зоне «деформационного креста» (рис. 1б), что обусловлено понижением сопротивления скольжению, увеличением числа действующих систем скольжения, повышением пластичности сплава.

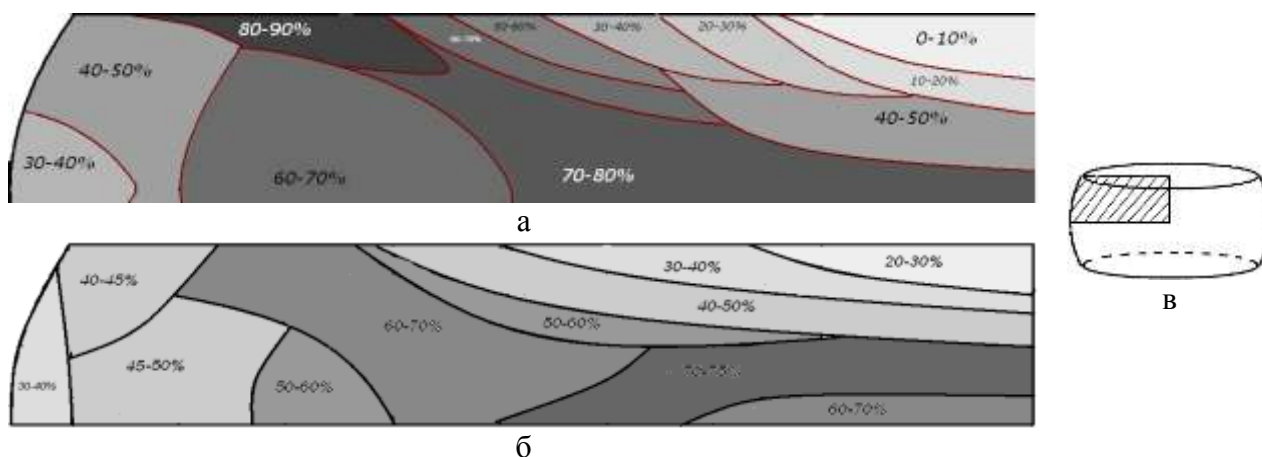


Рис. 1. Распределение степени деформации по сечению полуфабриката после горячей осадки при температурах $T_{пл}+20^{\circ}\text{C}$ (а) и $T_{пл}+70^{\circ}\text{C}$ (б); исследуемая часть сечения образца, расположенного вдоль оси осадки

Обнаружено, что высокая степень обжатия в области «ковочного креста» при горячей деформации способствует инициированию процессов первичной рекристаллизации уже в ходе деформации, о чем свидетельствует появление мелких равноосных, рекристаллизованных β -зерен в структуре деформированного полуфабриката. С помощью микроструктурного анализа показано, что при температуре $T_{пл}+20^{\circ}\text{C}$ зарождение зерен рекристаллизации происходит на границах двух зерен и в областях тройных стыков, а при температуре $T_{пл}+70^{\circ}\text{C}$ – преимущественно в областях тройных стыков исходных деформированных зерен как слиянием субзерен, так и миграцией большеугловых границ (рис. 2).

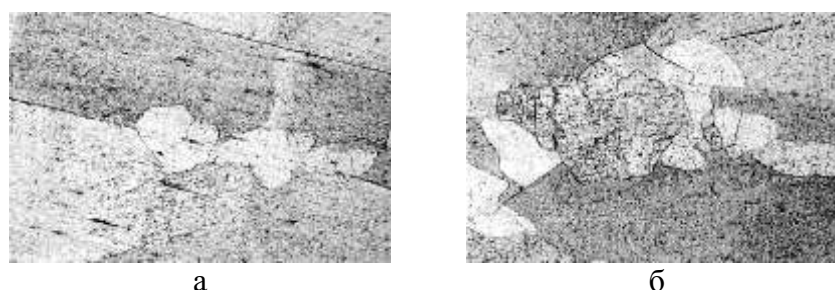


Рис. 2. Образование и рост зерен рекристаллизации по границам (а) и в стыках β -зерен (б)

Общее число центров рекристаллизации при температуре деформации $T_{пл}+70^{\circ}\text{C}$ значительно меньше, чем при температуре $T_{пл}+20^{\circ}\text{C}$, что связано с более интенсивным развитием динамической рекристаллизации при повышении температуры деформации.

Изучена кинетика протекания процессов рекристаллизации в зависимости от времени последеформационного отжига (рис. 3).

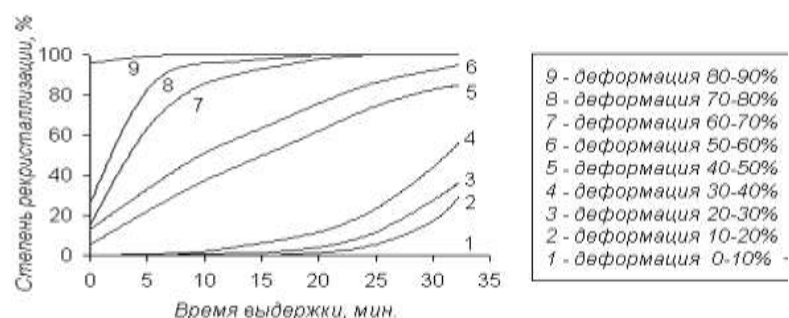


Рис. 3. Кинетика рекристаллизации для различных расчетных степеней деформации горячедеформированного при $T_{\text{пл}} + 20^{\circ}\text{C}$ полуфабриката

Установлено, что при минимальных выдержках (до 4 минут) рекристаллизационные процессы преимущественно развиваются в области ковочного креста, способствуя повышению объемной доли рекристаллизованных зерен в структуре. Увеличение времени выдержки до 8-16 минут обеспечивает постепенное развитие первичной рекристаллизации и вне зоны ковочного креста, а при 32-минутной выдержке протекание рекристаллизации наблюдается практически по всему объему полуфабриката, за исключением небольшого участка в центре образца в приповерхностной зоне, который как отмечено выше практически не испытал деформации.

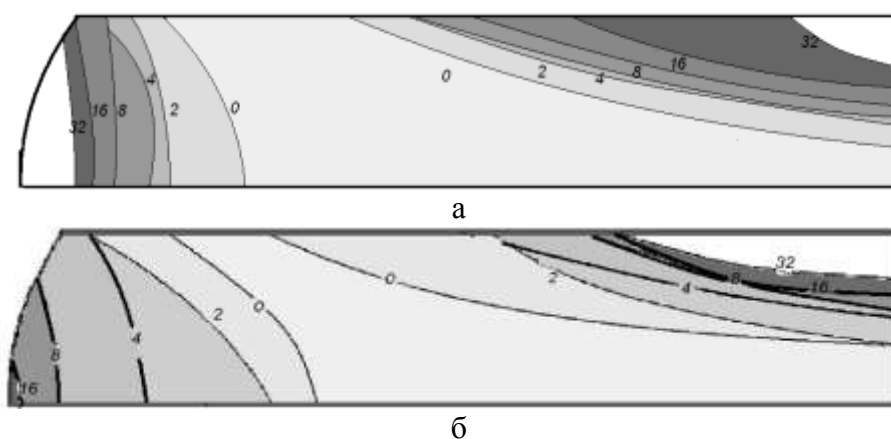


Рис. 4. Схема развития процессов рекристаллизации горячедеформированного при $T_{\text{пл}} + 20^{\circ}\text{C}$ (а) и $T_{\text{пл}} + 70^{\circ}\text{C}$ (б) полуфабриката

Проведена оценка объемной доли рекристаллизованных зерен для областей с разными степенями деформации. По результатам этих оценок была построена схема, отражающая развитие процесса рекристаллизации во времени (рис. 4), где линиями обозначены границы области, охваченной рекристаллизацией, при различных выдержках в минутах, обозначенных цифрами, последеформационного отжига.

Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом Федерального агентства по науке и инновациям № 02.740.11.0160